

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 827 375

②① N° d'enregistrement national : 01 09261

⑤① Int Cl⁷ : F 41 H 5/04

⑫ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 12.07.01.

③① Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 17.01.03 Bulletin 03/03.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : ETAT FRANCAIS REPRESENTÉ
PAR LE DELEGUE GENERAL POUR L'ARMEMENT —
FR et ARC LEICHTMETALLKOMPETENZZENTRUM
RANSHOFEN GMBH — AT.

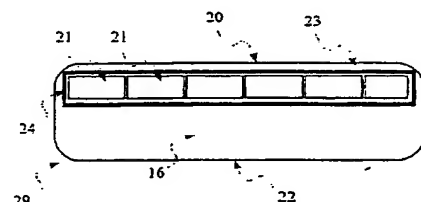
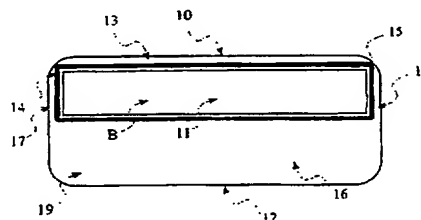
⑦② Inventeur(s) : LOUVIGNE PIERRE FRANCOIS,
RETTENBACHER GOTTFRIED, REITER JOSEF,
FEUCHTENSCHLAGER FRANZ et SCHULZ PETER.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : DELEGATION GENERALE POUR
L'ARMEMENT DIRECTION DES SYSTEMES DE FOR-
CES ET DE LA PROSPECTIVE (SREA).

⑤④ BLINDAGE COMPOSITE MULTICOUCHES.

⑤⑦ L'invention concerne le domaine des blindages et a
plus particulièrement pour objet un blindage composite mul-
ticouche comportant une couche (15) composite renfermant
un premier matériau constitué par un métal ou un alliage
métallique et un second matériau (11), et caractérisé en ce
que le second matériau (11) est poreux et en ce que ledit
métal ou ledit alliage est infiltré à l'intérieur de tout ou partie
des pores dudit second matériau.



BEST AVAILABLE COPY

FR 2 827 375 - A1



L'invention concerne le domaine des blindages et a plus particulièrement pour objet un blindage multicouche comportant une couche composite renfermant un premier matériau, par exemple une céramique, et un second matériau tel un métal ou un alliage métallique.

5 La céramique est connue pour ses performances balistiques depuis de nombreuses années soit en tant que matériau placé en face avant d'un blindage soit noyé dans de la matière métallique pour augmenter l'efficacité globale du blindage.

10 Les travaux les plus significatifs dans le domaine des blindages composites coulés ont porté principalement sur la réalisation de plaques comprenant des séries de renforts céramiques répartis dans une matrice métallique, en général obtenue par un procédé apparenté à la fonderie.

15 Ces blindages, même s'ils présentent des performances intéressantes, sont en général difficiles à fabriquer et ne présentent pas une efficacité de protection garantie et identique pour tous les angles d'attaque, pour tous les points d'impact sur la face avant et présentent par ailleurs de faibles performances au multi-impact (deux tirs successifs sur la même zone d'impact).

20 Par ailleurs, compte tenu de la nature et de la forme des corps de renfort utilisés, et compte tenu des difficultés de mise en œuvre, le coût des protections ainsi obtenues est en général élevé en comparaison des blindages constitués de matériaux monolithiques.

Enfin, les performances exceptionnelles de résistance en compression des céramiques ne sont pas pleinement mises à profit en raison des configurations de confinement préconisées par les différents inventeurs, qui ne présentent pas une configuration optimale.

25 Par exemple, Mc Dougal et al. proposent, dans leur brevet U.S. 3 705 558, un blindage léger constitué d'une couche de boules de céramique disposées en contact mais de telle sorte qu'un léger espace entre boule autorise le passage du métal liquide d'enrobage. Différentes configurations sont alors possibles : soit les boules de céramiques sont enfermées dans une poche en acier inoxydable, soit
30 elles sont recouvertes d'une couche de nickel puis collées sur une plaque d'aluminium. La technique proposée par Mc Dougal et al. a été critiquée pour sa difficulté de mise en œuvre et le risque inhérent au procédé d'endommager la

céramique par choc thermique pendant la phase d'enrobage du métal liquide. Par ailleurs, lors de l'étape de fonderie, il ressort que la technique préconisée par Mc Douglas conduit parfois au déplacement inopiné d'une boule par rapport à l'autre. Ce déplacement fortuit affecte localement l'efficacité du blindage ; C'est pourquoi Huet a
5 proposé dans son brevet US 4 534 266 une méthode permettant d'obtenir un réseau régulier de sphères métalliques interconnectées destinées à recevoir des inserts céramiques noyés par la suite par le métal liquide pendant l'étape de fonderie.

D'autres brevets comme par exemple les brevets US. 3 523 057, US 4 179 979, US 4 602 385, et US 5 361 678 ont été déposés avec comme objectif commun
10 de proposer des panneaux de protection balistique constitués de une ou plusieurs couches de matériaux contenant une multitude d'objets durs de forme identique ou de forme différente et typiquement constitués de matière céramique.

Nous citerons également le brevet US. 5 972 819 et la demande de brevet WO 00/4744 qui portent sur l'invention de panneaux de protection balistique mettant
15 en œuvre des renforts céramiques cylindriques respectivement à face convexe ou à face plate. Le brevet US. 5 972 819 préconise la mise en œuvre de surfaces convexes pour la base du cylindre positionnée en face avant du blindage en soutenant l'hypothèse que cette particularité améliore l'efficacité de la protection face aux projectiles divers (balle, éclats, boulet etc.). La demande de brevet N°. WO
20 00/47944 apporte une variante qui préconise l'utilisation de surfaces planes pour les bases du cylindre, d'une part pour éviter les distorsions optiques dans le cas de blindages transparents (effets indésirables inhérents à l'utilisation de surfaces convexes agissant comme des lentilles optiques ou des prismes), et d'autre part rendre l'efficacité du blindage indépendante du rayon de courbure de la surface
25 convexe.

L'objectif de la présente invention est de remédier aux difficultés précitées en proposant un blindage léger, efficace, de fabrication aisée et présentant une souplesse d'intégration sans équivalent.

30 La solution apportée est un blindage multicouche comportant une couche composite renfermant un premier matériau constitué par un métal ou un alliage et un second matériau et qui est caractérisé en ce que le second matériau est poreux

et en ce que ledit métal ou ledit alliage métallique est infiltré à l'intérieur de tout ou partie des pores dudit second matériau.

Selon une caractéristique particulière, le second matériau est constitué par une céramique poreuse.

5 Selon une caractéristique additionnelle, la céramique poreuse est en outre enrobée dans ledit métal ou alliage.

Selon une autre caractéristique, une cage renferme lesdits premier et second matériaux.

10 Selon une autre caractéristique additionnelle, la cage comporte au moins une face recouverte par une couche réalisée, dans ledit métal ou alliage ou dans une autre matière.

Selon une autre caractéristique additionnelle, la cage elle-même est enrobée, au moins en partie, dans ledit métal ou alliage ou dans une autre matière.

15 Selon une autre caractéristique, le taux de porosité de la céramique est compris entre 0,1% et 80%.

Selon une autre caractéristique, la céramique est constituée, en tout ou partie, par au moins l'une des céramiques suivantes : (SiC) recristallisé, et/ou d'autres types de céramiques comme le SiC-SiN, SiC- SiO₂, SiN, Al₂O₃, AlN, Si₃N₄

20 Selon une caractéristique particulière, la céramique est constituée, en tout ou partie, par du carbure de silicium recristallisé.

Selon une autre caractéristique, la cage renferme plusieurs corps de renfort, superposés ou juxtaposés, en céramique poreuse infiltrée.

Selon une autre caractéristique, la cage est en métal ou en alliage.

25 Selon une caractéristique particulière, la cage est constituée, en tout ou partie, par l'un des métaux suivants ou de leurs alliages : le fer, l'acier, le cuivre, le zinc, l'aluminium, le magnésium, le béryllium ou le titane.

Selon une caractéristique, ledit métal ou ledit alliage infiltré à l'intérieur des pores de la céramique est constitué, en tout ou partie, par de l'aluminium, du magnésium, du béryllium ou du titane un de leurs alliages.

D'autres avantages et caractéristiques de la présente invention apparaîtront dans la description de différents modes de réalisation de l'invention, en regard des figures annexées parmi lesquelles :

5 - La figure 1 est une vue en perspective d'un exemple de corps de renfort poreux destiné à rentrer dans la composition d'un blindage selon l'invention.

 - La figure 2 est une vue en perspective d'un exemple de cage métallique A destinée à renfermer le corps de renfort poreux.

10 - La figure 3 est une coupe verticale d'un premier exemple de blindage dans lequel le corps de renfort poreux ne forme qu'un seul corps dans la cage.

 - La figure 4 est une coupe verticale d'un second exemple de blindage renfermant plusieurs corps de renfort poreux juxtaposés.

 - La figure 5 est une coupe verticale d'un troisième exemple de blindage renfermant plusieurs corps de renfort poreux superposés.

15 - La figure 6 montre une application de l'invention pour la protection d'une personne,

 - La figure 7 montre une application de l'invention à une voiture pour la protection de ses occupants,

20 - La figure 8 montre une application de l'invention à un véhicule blindé pour la protection de ses occupants.

25 La figure 1 est une vue en perspective d'un exemple de corps 1 de matière de renfort poreuse B destiné à rentrer dans la composition du blindage. Ce corps 5 à une forme parallélépipède et est une céramique. Il est réalisé en carbure de silicium recristallisé. Son taux de porosité est de 15%. Ce corps présente deux surfaces transversales 2 de grande dimension et des surfaces latérales 3 de faible dimension.

 La figure 2 est une vue en perspective d'un exemple de cage métallique 4 destinée à renfermer ledit corps 1 de matière de renfort poreuse. Cette cage est composée de plaques 5 réalisées en acier et présentant des ouvertures circulaires 6

régulièrement disposées. Ces plaques 5 sont assemblées par soudage pour former une cage à l'intérieur de laquelle peut être positionné le corps 1 de matière de renfort poreuse, l'une au moins des faces du parallélépipède étant soudée après mise en place du corps poreux 1 à l'intérieur de la cage.

5 Les dimensions de la cage et du corps poreux 1 sont telles qu'il subsiste un jeu de plusieurs millimètres, voire plus, entre l'une des faces transversales 2 du corps poreux et la face latérale intérieure correspondante de la cage 4. Par contre le jeu est pratiquement nul entre les surfaces latérales 3 du corps poreux 1 et les surfaces intérieures correspondantes de la cage.

10 La figure 3 est une coupe verticale d'un exemple de blindage 19 dans lequel la face soumise à l'agression de la munition est appelée face avant 10, tandis que la face opposée 12 est appelée face arrière.

Ce blindage est de type multicouche composite. Il comporte une première couche 13, fine, de l'ordre de quelques millimètres, en métal d'infiltration, en l'occurrence en aluminium, puis un composite 15 constitué par une cage 14 renfermant un corps poreux de renfort 11 en carbure de silicium recristallisé infiltré et enrobé par ledit métal d'infiltration et enfin une troisième couche 16, épaisse, de l'ordre de plusieurs centimètres, consistant en du métal d'infiltration.

20 On constate que le métal d'infiltration de la céramique poreuse d'une part infiltre les pores de cette dernière mais en plus enrobe le composite 15, l'épaisseur de cet enrobage étant faible sur les faces avant 10 et latérale 17 de la cage 14 et épais au niveau de la face arrière 12 du blindage.

La figure 4 est une coupe verticale d'un autre exemple de blindage 29 selon l'invention.

25 La face soumise à l'agression de la munition est appelée face avant 20, tandis que la face opposée 22 est appelée face arrière.

Ce blindage est de type multicouche composite. Il comporte une première couche 23, fine, de l'ordre de quelques millimètres, en métal d'infiltration, en l'occurrence en magnésium, puis un composite constitué par une cage 24

renfermant plusieurs corps poreux 21 juxtaposés en alumine Al_2O_3 infiltrés et enrobés par ledit métal d'infiltration et enfin une troisième couche 16, épaisse, de l'ordre de plusieurs centimètres, consistant en du métal d'infiltration.

5 La figure 5 est une coupe verticale d'un autre exemple de blindage 39 selon l'invention.

La face soumise à l'agression de la munition est appelée face avant 30, tandis que la face opposée 32 est appelée face arrière.

10 Ce blindage est de type multicouche composite. Il comporte une première couche 33, fine, de l'ordre de quelques millimètres, en métal d'infiltration, en l'occurrence en titane, puis un composite constitué par une cage 34 renfermant plusieurs corps poreux 31 superposés, l'un en carbure de silicium recristallisé avec un taux de porosité de 21% et l'autre en Si_3N_4 avec un taux de porosité de 11%, l'un et l'autre étant infiltrés et enrobés par ledit métal d'infiltration et enfin une troisième couche 36, épaisse, de l'ordre de plusieurs centimètres, consistant en du métal d'infiltration.

15 Les constituants entrant dans la fabrication de l'invention sont volontairement choisis dans la famille des produits industriels de grande production afin d'atteindre l'objectif de faible coût, tout en respectant les objectifs de performance, de poids, de facilité d'intégration et de capacité de résistance au multi-impactage présenté ci avant.

20 Ainsi, la matière du corps de renfort en céramique poreuse peut par exemple être du carbure de silicium (SiC) recristallisé, mais aussi d'autres types de céramiques comme le SiC-SiN , SiC-SiO_2 , SiN , Al_2O_3 , AlN , Si_3N_4 . La porosité de ce corps de renfort doit permettre au métal d'infiltration de pénétrer la plupart, voire tous les pores afin de créer un lien intime entre les deux composants et établir un état de contraintes résiduelles local généré par les différences de coefficient de dilatation thermique entre la céramique et le métal d'infiltration. En effet, le coefficient de dilatation de la céramique étant extrêmement bas (quelques $10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$), il résulte que la matière céramique infiltrée par un métal (dont le coefficient de dilatation est entre 2 et 10 fois plus élevé) voit son coefficient de dilatation pratiquement exclusivement fixé par la céramique, ce qui génère des tensions interne à la matière. Le taux de

porosité peut être typiquement de l'ordre de 10 à 20 %, mais des performances intéressantes peuvent également être atteintes avec des taux de porosité plus faible, typiquement de 10% et jusqu'à des niveaux inférieurs à 0,1%, ou, au contraire, plus élevés comme par exemple de 20 à 40%. Le taux de porosité, comme nous l'avons explicité ci-dessus, sera directement lié au niveau de contraintes internes atteint dans la céramique après infiltration par le métal et donc lié, dans une certaine mesure, à la performance balistique du blindage face à une munition donnée. L'optimisation du blindage face à tel ou tel agresseur doit donc passer par le choix de la porosité la plus adaptée.

La matière de renfort est contenue dans une cage. Il est prévu que cette cage soit constituée d'un alliage métallique de type acier de telle sorte que la fabrication de la cage soit aisée (en particulier que la matière soit soudable) et peu onéreuse. Toutefois, d'autres métaux tels que le cuivre, le zinc, le fer, l'aluminium, le magnésium, le béryllium, le titane ou tout autre métal semblable ou un alliage de ces métaux peuvent être utilisés pour fabriquer ladite cage pour peu que les compatibilités chimiques et physiques entre la matière de renfort, la cage et le métal d'infiltration le permettent. La cage doit être conçue de telle sorte qu'elle contienne la matière de renfort et qu'elle permette aisément le passage du métal liquide pendant la phase d'infiltration.

Le rôle de la cage est double : elle permet, d'une part, pendant la phase de fabrication du blindage de localiser la matière de renfort dans une partie du moule, et d'autre part d'empêcher l'éclatement de la matière de renfort par un effet de confinement lorsque le blindage est impacté par l'agresseur.

La matière d'infiltration est préférentiellement un métal ou un alliage de ce métal à faible densité comme l'aluminium, le magnésium ou le béryllium mais, pour certaines configuration de blindage, il peut être intéressant d'utiliser d'autres métaux ou alliages de ces métaux.

L'invention prévoit que la cage contenant la matière de renfort soit entièrement noyée dans la matière d'infiltration. Il est préférable de localiser la cage contenant la matière de renfort proche de la face avant du blindage (c'est à dire de la face qui est supposée être soumise à l'agression de la munition) tout en prenant gare de ménager une fine couche de matière d'infiltration entre la surface du

blindage et la cage. Le blindage peut être conçu avec un volume de matière d'infiltration plus ou moins important en face arrière (c'est à dire du côté opposé à la face agressée) de telle sorte que cette matière puisse, par un processus de déformation plastique, se déformer et finir de consommer l'énergie incidente apportée par le projectile.

Le blindage présenté ici est fabriqué par un quelconque des procédés d'infiltration connus comme par exemple le squeeze casting, les procédés de coulée ou d'infiltration sous pression (par piston ou par gaz). Dans tous ces procédés, la matière d'infiltration est d'abord chauffée jusqu'à la fusion pour acquérir une fluidité suffisante puis elle est mise en présence de la cage contenant la matière de renfort. L'application d'une pression ainsi que le préchauffage de la matière de renfort sont deux méthodes qui permettent de faciliter l'infiltration du métal dans le renfort.

Une méthode de fabrication d'un blindage selon l'invention peut-être la suivante.

- Chauffage du métal aluminium dans un four jusqu'à fusion du métal,
- Préparation d'une cage métallique en deux demi-coques en acier soudable, percée d'une multitude de trous,

- Découpe d'une plaque de céramique SiC recristallisée poreux à des dimensions légèrement inférieures à celles de la cage

- Insertion de la plaque de carbure de silicium SiC dans la cage puis fermeture de cette dernière par quelques points de soudure,

- Préchauffage dans un four de l'ensemble cage + plaque de SiC

- Insertion de l'ensemble cage + plaque de SiC dans un moule de squeeze casting

- Coulée du métal liquide sur l'ensemble cage + plaque de SiC et application de la pression pour faciliter la pénétration du métal liquide dans les pores de la plaque de carbure de silicium et au travers de la cage

- Refroidissement de l'ensemble dans des conditions de température contrôlées,

- Démoulage de l'ensemble.

Cette procédure a aussi été appliquée pour la réalisation d'un blindage selon la présente invention dans un objectif de protection d'une partie de véhicule léger. La
5 matière de renfort utilisée se présente sous la forme de trois plaques de céramique poreuse dont les caractéristiques sont données ci-dessous :

- Nature de la céramique : carbure de silicium (SiC) recristallisé
- Masse volumique : 2,6 à 2,7 g.cm³
- Taux de porosité : 15 à 19 %
- 10 - Résistance à la rupture à 20°C : 90 à 100 MPa
- Résistance à la rupture à 1300°C : 100 à 110 MPa
- Module d'Young : 230 GPa
- Conductivité thermique : 30 W.m⁻¹.K⁻¹
- Coefficient de dilatation thermique : 10⁻⁶.K⁻¹
- 15 - Dimension des plaques : 150mmx75mmx8mm

Cette céramique est un produit de grande diffusion utilisé en particulier comme matériau d'abrasion pour les meules dans le domaine de l'outillage industriel.

La cage est obtenue par pliage et soudage d'une tôle en acier soudable
20 percée de trous circulaires et d'épaisseur égale à 2mm. Les dimensions de la cage sont de 152mmx77mmx26mm, de telle sorte que celle-ci puissent accueillir les trois plaques de céramique.

La matière d'infiltration utilisée est un alliage de fonderie classique de type aluminium-silicium. La technique de mise œuvre utilisée pour l'étape de fonderie est
25 le squeeze casting.

Un blindage selon l'invention peut être dimensionnée pour protéger directement une personne en étant utilisé, par exemple, comme gilet pare-balles, et comme casque comme montré sur la figure 6, ou pour protéger des systèmes
30 terrestres, tels des véhicules à roues, des véhicules à chenilles, des abris, des infrastructures, des ponts mobiles etc. comme montré sur la figure 7, ou encore des systèmes volants tels des avions, des hélicoptères, des drones, des missiles etc. ou

encore des systèmes marins tels des bâtiments de surface, des sous-marins, des matériels de franchissement etc. face à tout type de projectiles, fragments et éclats.

5 L'invention inclus ainsi tout type de blindage composite et blindage balistique contenant un ou plusieurs corps de céramique poreuse enfermée dans une cage métallique, le tout infiltré par un métal.

En fonction de l'application envisagée, le dimensionnement de la solution peut combiner des variantes des paramètres suivants :

- nature de la matière métallique d'infiltration
- nature de la matière poreuse de renfort
- 10 - nature de la matière métallique constituant la cage
- dimensions de la matière poreuse de renfort
- nombre d'éléments de matière poreuse de renfort enfermés dans la cage
- dimensions de la cage (l'épaisseur des parois de la cage peut être
- 15 infiniment fine)
- proportions des différents constituants en masse et volume
- géométrie du blindage (celle-ci peut-être parallélépipédique, curviligne, tubulaire ou quelconque)

20 Plusieurs éléments sont à prendre en considération pour illustrer l'intérêt de la présente invention.

Tout d'abord un avantage en terme de poids. En effet, les constituants de l'invention permettent de placer le blindage dans la gamme des blindages légers qui peuvent être comparés en terme de performance à l'aluminium de blindage de référence (alliage 7020). Les solutions actuelles de protection classiques convenant

25 pour les engins légers tels que les automobiles, les véhicules de combats, les véhicules de transport, les avions, les hélicoptères etc., mettent en œuvre des panneaux d'acier de quelques millimètres d'épaisseur ou de titane, donc plus lourds que la solution proposée.

Le second avantage réside dans les performances de l'invention face à une

30 gamme de menace étendue. Bien sur, en fonction de la formulation retenue pour le blindage, celui-ci sera plus ou moins optimisé dans le rapport poids/performance face à un type de menace, toutefois, pour une formulation standard, telle que celle

citée précédemment, le blindage fourni une protection totale face à des projectiles de masse quelconque et animés d'une vitesse d'impact comprise entre 500 et 1000 mètre par seconde. De plus, cette formulation est très en deçà de la gamme des 40 à 100 kg/m². Cette gamme correspond au poids des protections usuellement mis en œuvre sur les véhicules légers.

Le troisième avantage porte sur la souplesse d'intégration de l'invention. Dans sa formulation standard, le blindage peut adopter toutes les configurations usuelles d'intégration d'un blindage classique, à savoir :

- le blindage peut être utilisé comme « appliqué », c'est à dire qu'il est appliqué sur la structure à protéger par toutes les techniques classiques telle le soudage, le collage, le boulonnage, l'accrochage etc. comme présenté sur la figure 8,

- le blindage peut être directement intégré dans la structure pour les pièces fabriquée par une technique de fonderie telles les ouvrants, les capots, les coques, les ailes, les portes, les toits, les planchers, les jantes de roues, etc.

- Dans le cas d'application du type « gilet pare-balles » ou « blindage souple », la protection peut être aisément intégrée dans une configuration classique de vêtements par une mosaïque de plaques par exemple, comme montré sur la figure 5.

Le quatrième avantage de l'invention est lié au coût. En effet, l'invention utilise des composants, une technique et une procédure d'élaboration à faible coût autorisant des productions massives sans contraintes particulières de production.

Le cinquième avantage réside dans la capacité de l'invention à fournir une protection totale même dans le cas d'impacts successifs sur la même zone du blindage (multi-impactage).

Concernant le cas particulier des blindages souples du type « gilet pare-balles » tels que décrit par exemple dans les brevets U.S. Pat. N°. 4,090,005 ou 5,972,819, il est connu que pour les niveaux d'agression les plus élevés les risques de dommage sont important pour le porteur de la protection bien que la munition soit arrêtée. Ces dommages sont dus à des effets d'indentation du gilet dans le corps causés par une répartition en surface insuffisante de l'effort impact. La présente

invention limite ces risques de dommage en face arrière à répartissant largement l'effort d'impact.

- Bien entendu, de nombreuses modifications peuvent être apportées à l'exemple de réalisation précédemment décrit sans sortir du cadre de l'invention.
- 5 Ainsi, il est prévu d'utiliser une cage métallique d'une épaisseur de paroi extrêmement fine et il est possible de choisir le même métal ou alliage de métal pour la matière d'infiltration et pour la cage.

REVENDICATIONS

1 Blindage composite multicouche comportant une couche (15, 25, 35) composite renfermant un premier matériau constitué par un métal ou un alliage métallique et un second matériau (1, 11, 21, 31), et caractérisé en ce que le second
5 matériau est poreux et en ce que ledit métal ou ledit alliage est infiltré à l'intérieur de tout ou partie des pores dudit second matériau (1, 11, 21, 31).

2 Blindage selon la revendication 1, caractérisé en ce que le second matériau (1, 11, 21, 31) est constitué par une céramique poreuse.

3 Blindage selon la revendication 2, caractérisé en ce que la céramique
10 poreuse (1, 11, 21, 31) est en outre enrobée dans ledit métal ou alliage.

4 Blindage selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que une cage (4, 14, 24, 34) renferme lesdits premier et second matériaux.

5 Blindage selon la revendication 4, caractérisé en ce que la cage (4, 14, 24, 34) elle-même est enrobée, au moins en partie, dans ledit métal ou alliage ou dans
15 une autre matière.

6 Blindage selon la revendication 5, caractérisé en ce que la cage (4, 14, 24, 34) comporte au moins une face recouverte par une couche (13, 23, 33) réalisée, dans ledit métal ou alliage ou dans une autre matière.

7 Blindage selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisé en
20 ce que le taux de porosité de la céramique est compris entre 0,1% et 80%.

8 Blindage selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que la céramique est constituée, en tout ou partie, par au moins l'une des céramiques suivantes : (SiC) recristallisé, et/ou d'autres types de céramiques comme le SiC-SiN, SiC-SiO₂, SiN, Al₂O₃, AlN, Si₃N₄

25 9 Blindage selon la revendication 8, caractérisé en ce que la céramique est constituée en tout ou partie par du carbure de silicium recristallisé.

10 Blindage selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la cage renferme plusieurs corps de renfort (21 ; 31), superposés ou juxtaposés, en céramique poreuse infiltrée.

11 Blindage selon l'une quelconque des revendications 4 à 10, caractérisé en ce que la cage (4, 14, 24, 34) est en métal ou en alliage.

12 Blindage selon la revendication 11, caractérisé en ce que la cage (4, 14, 24, 34) est constituée, en tout ou partie, par l'un des métaux suivants ou de leurs alliages : le fer, l'acier, le cuivre, le zinc, l'aluminium, le magnésium, le béryllium ou le titane.

13 Blindage selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que ledit métal ou ledit alliage infiltré à l'intérieur des pores du second matériau est constitué, en tout ou partie, par de l'aluminium, du magnésium, du béryllium ou du titane.

PL 1/5

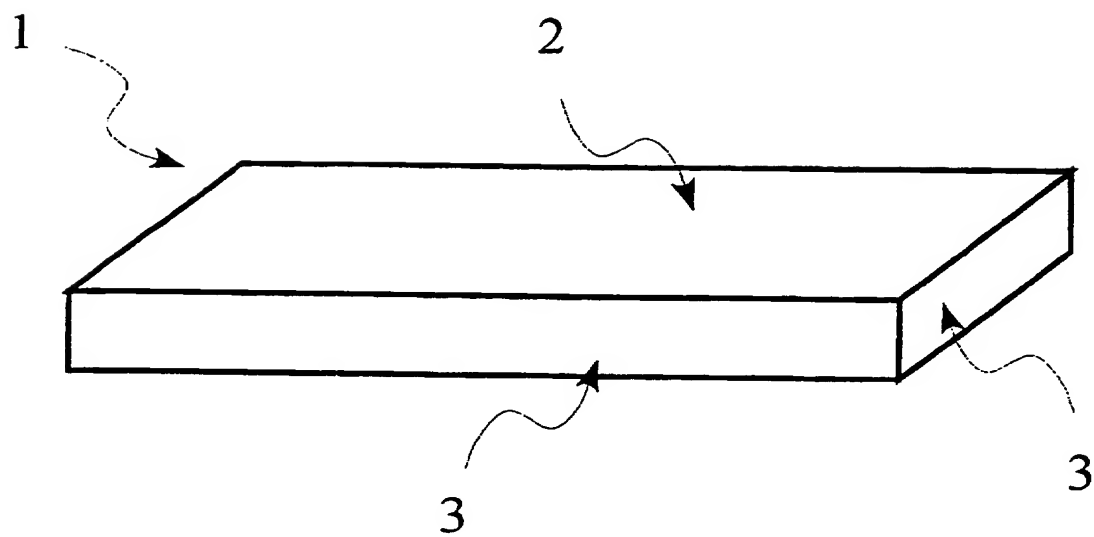


figure N°1

PL 2/5

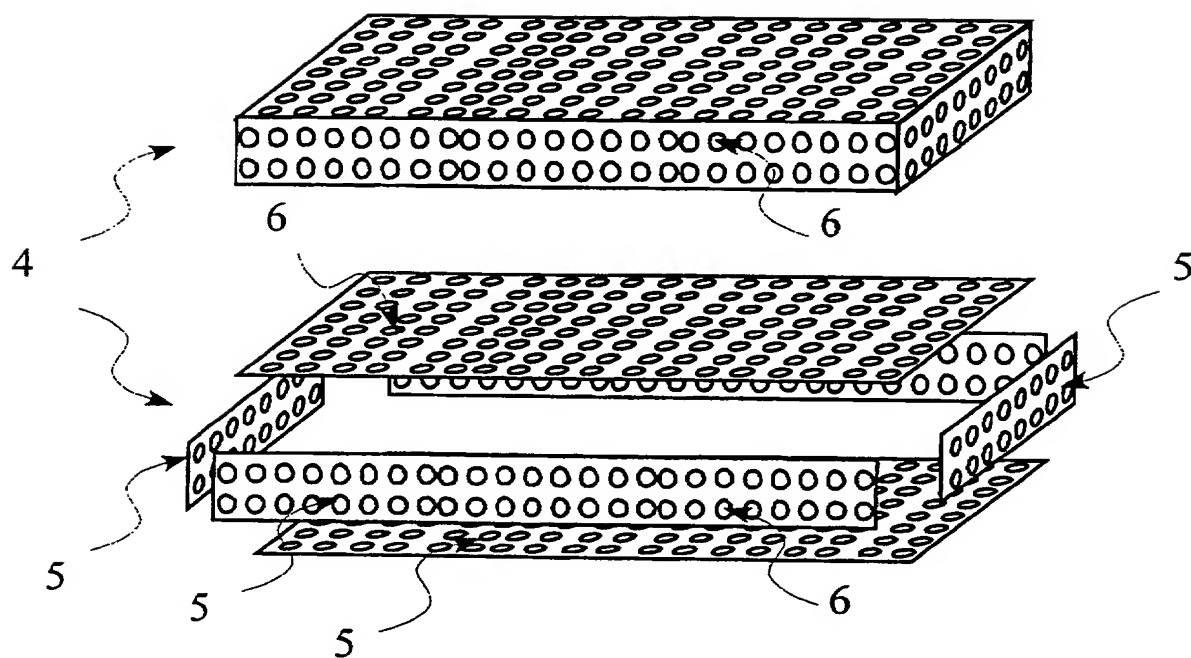


figure N°2

PL 3/5

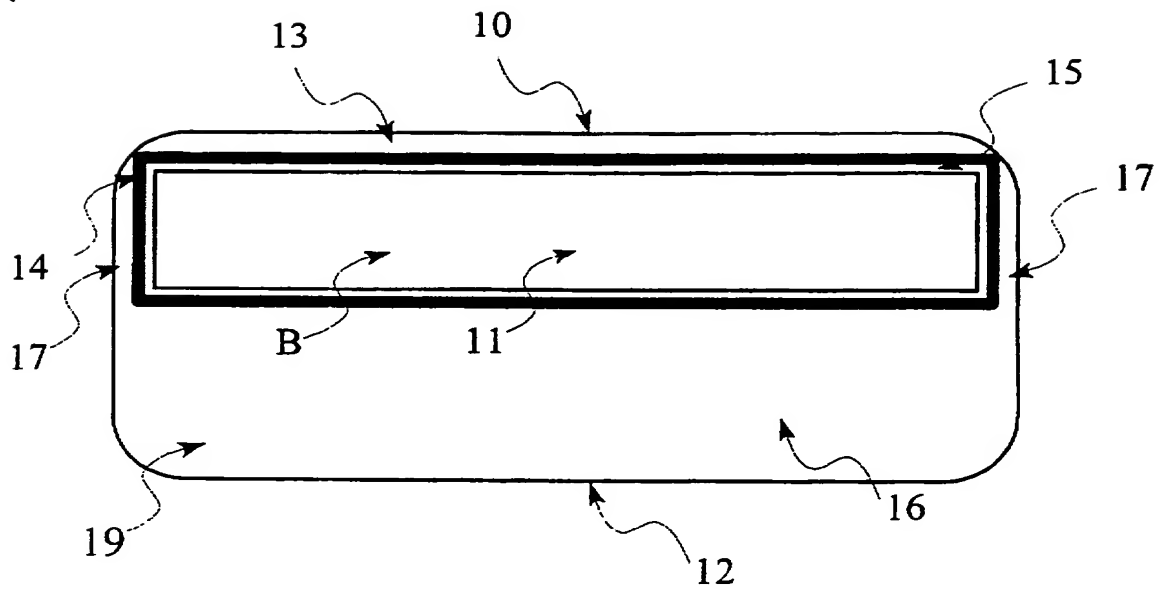


figure N°3

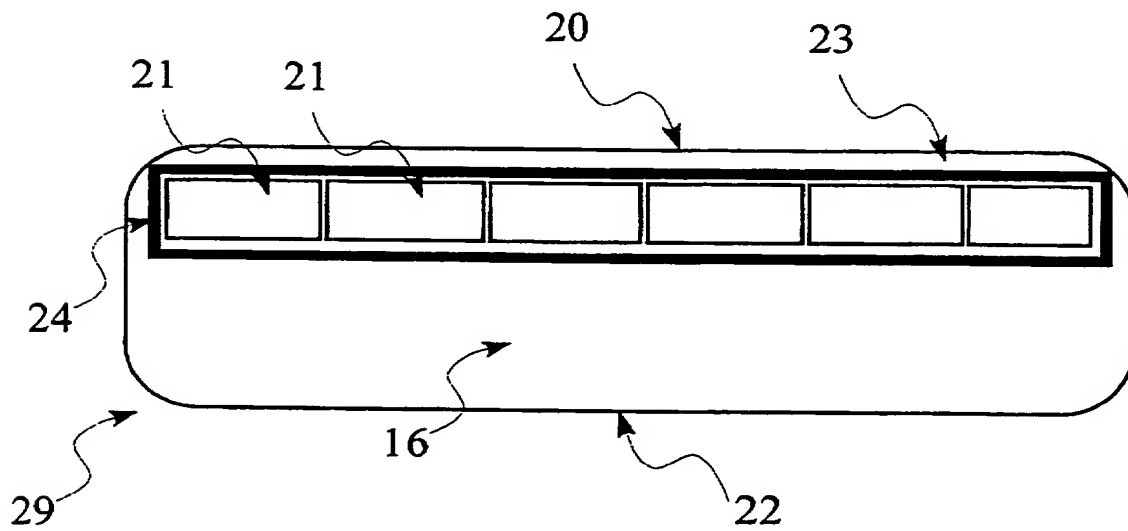


figure N°4

PL 4/5

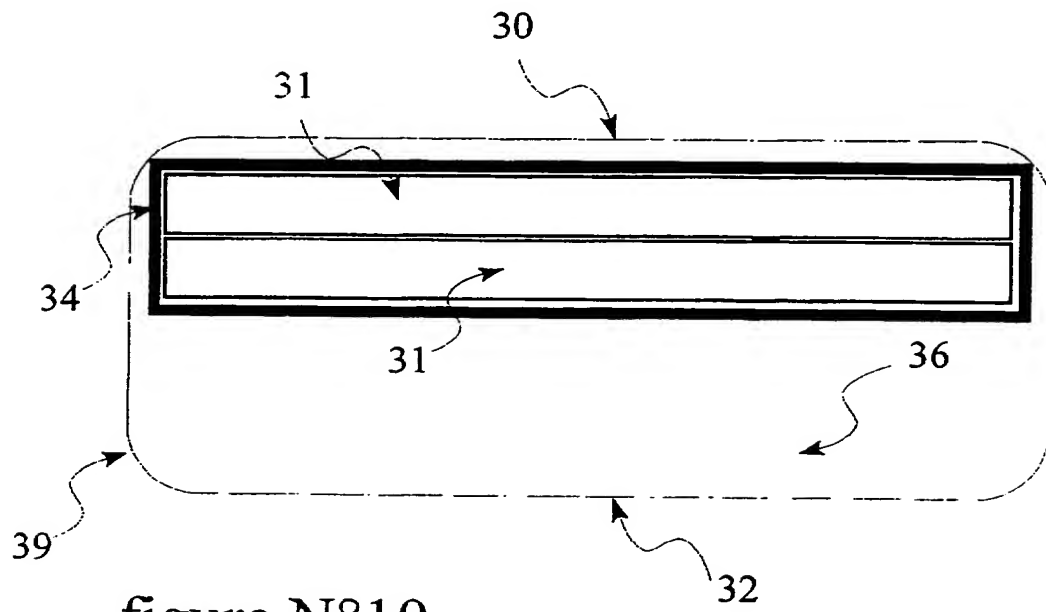


figure N°10



figure N°6

PL 5/5

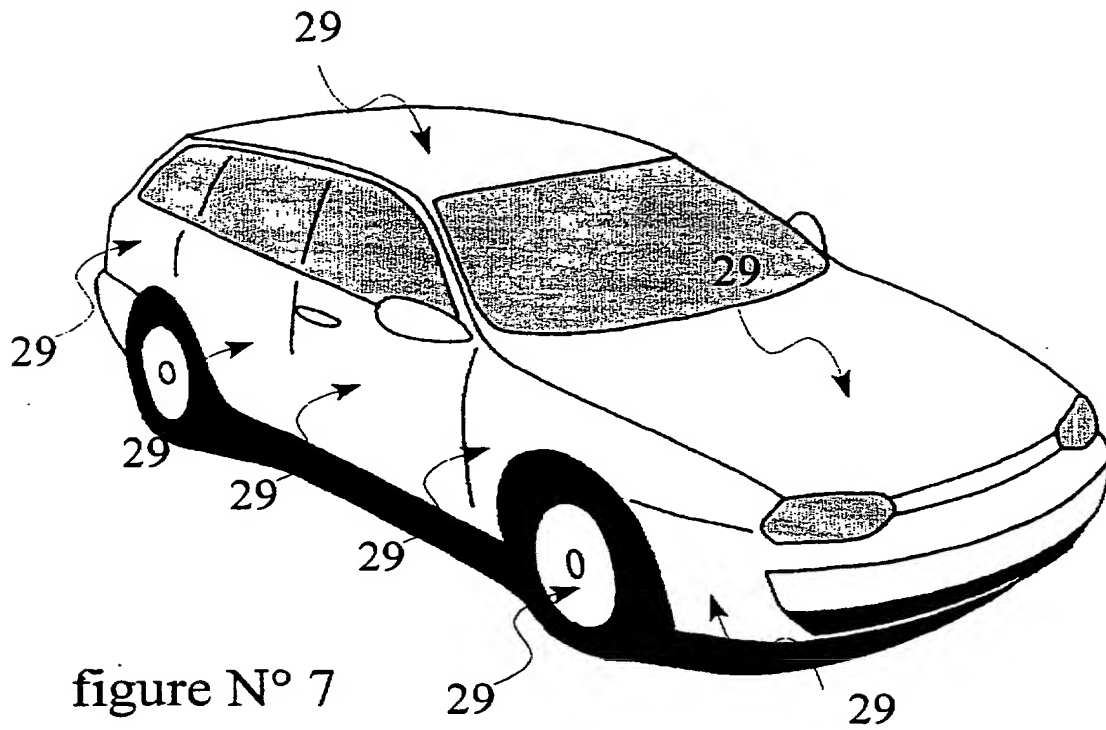


figure N° 7

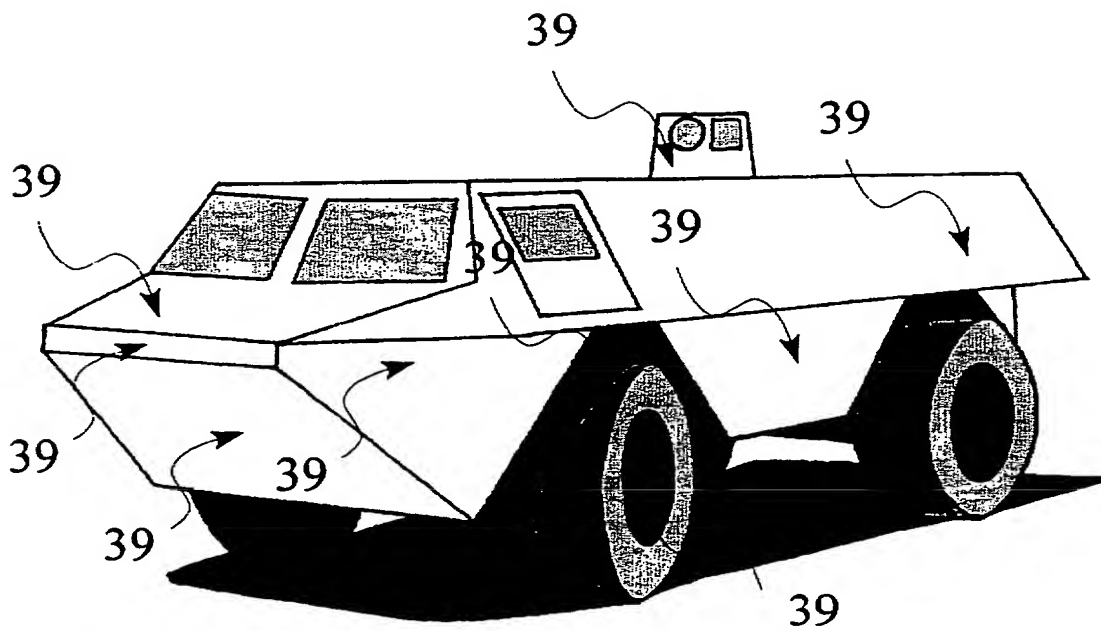


figure N° 8



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 607026
FR 0109261

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	DE 38 37 378 A (CLAUSSEN) 8 février 1990 (1990-02-08)	1-3	F41H5/04
Y	* page 4, ligne 49 - ligne 58; revendication 1; figure 2; exemple 15; tableaux 1,2 *	4-13	
Y,D	US 3 705 558 A (MCDUGAL ET AL.) 12 décembre 1972 (1972-12-12) * colonne 1, ligne 47 - colonne 2, ligne 62; figures 1,2 *	4-13	
X	US 5 194 202 A (YUN ET AL.) 16 mars 1993 (1993-03-16)	1-3	
A	* abrégé; revendications 1-20 *	7-9,13	
X	US 4 415 632 A (LUHLEICH ET AL.) 15 novembre 1983 (1983-11-15)	1-3	
A	* le document en entier *	7-9	
X	DE 39 24 267 C (VAW ALUMINIUM) 22 décembre 1994 (1994-12-22)	1-3	
A	* abrégé; revendication 1 *	7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) F41H
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 avril 2002		Giesen, M	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0109261 FA 607026**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date d'05-04-2002
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
DE 3837378	A	08-02-1990	DE	3837378 A1	08-02-1990
			WO	9001472 A1	22-02-1990
US 3705558	A	12-12-1972	AUCUN		
US 5194202	A	16-03-1993	AUCUN		
US 4415632	A	15-11-1983	DE	3005586 A1	20-08-1981
			AT	9737 T	15-10-1984
			CA	1186532 A1	07-05-1985
			EP	0034329 A1	26-08-1981
			JP	1010470 B	21-02-1989
			JP	1536866 C	21-12-1989
			JP	56134574 A	21-10-1981
			US	4604249 A	05-08-1986
DE 3924267	C	22-12-1994	DE	3924267 C1	22-12-1994

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.